

X射线照像术在泥质岩岩石学研究中的应用

范德廉 陈志明 刘铁兵

(中国科学院地质研究所)

前 言

X射线照像术是采用X射线这一种穿透性放射线来做照片的技术。自1895年以来,这种技术已广泛地应用于医学、工业和各种自然科学领域。1962年,美国学者W·K·Hamblin首次将X射线照像术应用于沉积岩石学研究[3]。自那以后,岩石薄片经X射线照像制成的照片,为研究沉积物(岩)的内部结构提供了一种有效、快速和廉价的方法,并得到越来越多的沉积学家的重视。在国外,X射线照像术已应用于现代沉积物、砂岩、碳酸岩、泥质岩、煤等领域的研究[2-8]。在国内,在现代沉积物及古代块状砂岩研究中也开始采用X射线照像术[1,2]。笔者采用这一技术来研究古老泥质岩及其它暗色沉积岩的内部组构,取得了较好的结果。

由于沉积岩是由垂向和横向的加积发育而成,因此从理论上来说,在颗粒层之间应该存在着某种变化。这种变化无论多么轻微,总会产生相应的密度变化,而这些变化难以用肉眼分辨。如果X射线穿过一个岩石薄片,岩石层与层之间的变化足以引起对X射线吸收作用的差异,而且能够反映在软片上,这样就可以勾勒出岩石薄片的内部构造。实践证明,X射线照像术可以揭示那些先前被描述为均匀的、块状的或“无构造”的许多岩石,实际上包含了显微斜层理、水平纹层、滑塌构造、生物扰动及物质成分、胶结作用等各方面的变化。对于有明显结构构造特征的岩石薄片,X射线照像术同样可以揭示出更多的细节,从而深化了我们对样品的认识。

X射线机与岩石薄片制备

X射线与可见光一样,也是一种横向电磁辐射,所不同的是,X射线的波长要比可见光短得多(X射线波长为0.01—10埃),它的能量则比可见光大得多。因此,X射线能够透过物体,而且随着物质密度的不同,透过程度也不同。

波长较短的X射线,因为有强的穿透性而称为“硬射线”,波长较长的X射线则相应易为样品所吸收,因而称为“软射线”。在应用X射线照像技术中,可根据不同样品,选用不同波长的X射线。对古老泥质岩石薄片的研究,应选用透射力强的“硬射线”。

笔者在试验中采用了青岛医疗器械厂制造的“沉积100-20-Ⅱ型X射线机”。这套装置是由X射线机头,操纵台和样品柜组成。X射线管的功率最大达25毫安,150千伏。自动选择曝光时间。机头与样品间的距离可以调节。照像底片是天津医用X射线胶片。

用于X射线照像的岩石样品应制备成薄片,厚度为3—5 mm。要求整个薄片的厚度均匀,不均匀则会影响穿透岩石的射线强度。薄片的表面必须细磨,保证光滑,但一般不需抛光。如果薄片已抛光,要避免研磨剂的颗粒嵌入薄片之中,因为绝大多数外来颗粒会产生密度差,并可反映在放射照片上。薄片不能被油污,因为油可以浸透到薄片中,并且影响颗粒与空洞之间的密度对比。试验表明,厚3—5毫米的薄片可产生最清晰的负片。假如薄片太厚,层理面就会模糊不清,除非这些层理面正好垂直于岩石薄片的平面。在较厚的薄片中,还存在一些结构重叠而产生的较大变化,这可使它们的图象重叠在放射照片上。另外,岩石薄片太厚,构造单元间微细的变化就难以记录下来。过份薄的薄片同样

也不合要求,这是由于密度差太大,在软片上不能显示出来。岩石薄板的长和宽则由标本及切割机的大小而定。

试验过程与曝光条件

X射线照片是应用X射线机将岩石薄板直接放在X射线软片盒上,并给予足够的放射线曝光所制取的。由于X射线的透射对样品没有任何的损伤,因此样品还可进行其它分析。得到的负片可以放大或用不同型号的像纸制成正片。用高反差的照像纸,可以增加细部反差。

X射线照片的质量是由多种因素决定的:(1)X射线源与岩石薄板间的距离;(2)管电压(千伏);(3)管电流(毫安);(4)曝光时间(秒);(5)薄板的岩石类型;(6)软片的类型。一般的原理是,以所允许的最低的管电压、管电流和最短的曝光时间来取得最清晰的照片。管电压、管电流和曝光时间之间的数学关系是复杂的。因此,为得到正确的曝光时间,一定数量的试验工作是必需的。笔者通过40块岩石薄板照像摸索出来的获得最佳结果的条件是:薄板厚3—5毫米,距X射线源50厘米,在80千伏管电压,15毫安管电流条件下曝光10秒钟。X射线对人体有危害,须注意防护工作。

几个实例

1.黑色纹层状粉砂质泥岩 岩石薄板上可以看出较清楚的纹层状构造(图版I,1)。薄片及光片的显微镜观察证实,纹层状构造是由黑色含有机质较高的粉砂质泥质纹层(厚1mm左右)和连续或断续的黄铁矿线理(0.1mm左右)互层而成。由于黄铁矿不易为X射线穿透,而有机质较易为X射线穿透,故在X射线照片上可以更清楚地反映出它们的微细构造(图版I,2)。图版I,2A区平直的黑黄铁矿纹层与浅色有机质纹层的紧密互层,可能是原生沉积构造,从而反映了其形成时宁静的水动力条件。图版I,2B区中的黄铁矿则多为不连续的显微透镜体,或平行、或微斜交于岩石层理。

2.黑色菱锰矿矿石 从薄板上可以看出,矿石由灰黑色基质、灰色不规则细纹和黑色具白色环边的碳沥青球粒组成(图版I,3)。偏光镜下基质由1—3埃的菱锰矿显微球粒组成,灰色细纹为粒度较粗的菱锰矿,而白色环边是由石英和碳酸盐矿物组成的。由于这些矿物不易为X射线穿透,故为黑色,而碳沥青小球因易被X射线穿透而呈现白色(图版I,4)。应当说明的是X射线照像是穿透了整个薄板的厚度,故照片所获得的图像是在此厚度的各种矿物的叠加,这个特点在图版I,4内反映的最清楚。例如在薄板照片上看不见的碳沥青小球,在X射线照片上却反映的又多又清楚(对比图版I,3和图版I,4的A区);而在薄板上是一个个单独的碳沥青小球,在X射线照片上却连续在一起形成不规则集合体状(对比图版I,3和图版I,4的B区)。

3.黑灰色含凝灰质泥岩 岩石是由含有机质的多少而呈现条带状(图版I,1的A区)及纹层状(图版I,5的B区)构成的。但在X射线照片上却可以清楚地看到条带也是由黑白相间(反映有机质含量不同)的纹层组成的(图版I,6的A区)。因此这块岩石沉积构造的正确命名应是纹层状。在X射线照片上微粒黄铁矿的分布情况显示的比较清楚,含有机质较多的纹层(灰白色者)中黄铁矿较少,而含有机质较少的纹层(灰黑色者)中黄铁矿较多。说明颜色的深浅与有机质含量有密切关系。

4.灰黑色纹层状水母泥岩岩石薄板中的黄铁矿呈稀疏的纹层状产出(图版I,7),X射线照片上(图版I,8)纹层显示的更为密集和清楚,反映了比薄板更为细微的微细构造。

小 结

从以上几例可以看出,X射线照像术对研究沉积岩,特别是暗色泥质岩的沉积构造(尤其是微细构造)和矿物分布(尤其是黄铁矿、有机质)等十分有效。它揭示了“无构造”岩石的内部微细构造

特征,加深了对形成环境及成岩过程的认识。事实上,这一方法也可以应用于粗碎屑岩沉积构造的研究,正如W·K·Hamblin的统计^[10],98%的“无构造”砂岩,当X射线穿透时均显示了清楚的沉积构造。

叶连俊教授自始至终对本实验工作给予指导和关怀,磨片室同志制作专用的岩石薄板,桂文立同志摄制薄板照片,实验中曾得到郑铁民等同志大力协助,作者致深切谢意。

收稿日期 1984年8月23日

参 考 文 献

- [1] 郑铁民, 1983, 海洋科学, 第5期, 12—17页。
- [2] 余杰, 1983, 石油实验地质, 5卷, 3期, 208—213页。
- [3] Hamblin, W.K., 1962, J. Sedim. Petrol., Vol.32, No. 2, 201—210.
- [4] Hamblin, W.K., 1965, State Geological Survey of Kansas, Bulletin 175, Part 1, 569-582.
- [5] Fraser, G.S. and James, T.A., 1969, Illinois State Geological Survey Corcular, 443.
- [6] Roberts, H.H., 1972, J. Sedim. Petrol. Vol.42 690-693.
- [7] McMullin, B.R., 1979, J. Sedim. Petrol., Vol.49, No. 2, 648-650.
- [8] Robert, V., 1979, J. Sedim. Petrol., Vol.49, No. 2, 483-486.
- [9] Bouma, A.H., 1969, Methods for the Study of Sedimentary Structures, New York, Wiley.
- [10] Hamblin, W.K., 1971, X-ray Photography, In: Carver, 251-284.

APPLICATION OF X-RAY RADIOGRAPHY IN THE PETROLOGICAL STUDY OF PELITE

Fan Delian Chen Zhiming Liu Tiebing

(Institute of Geology, Academia Sinica)

Abstract

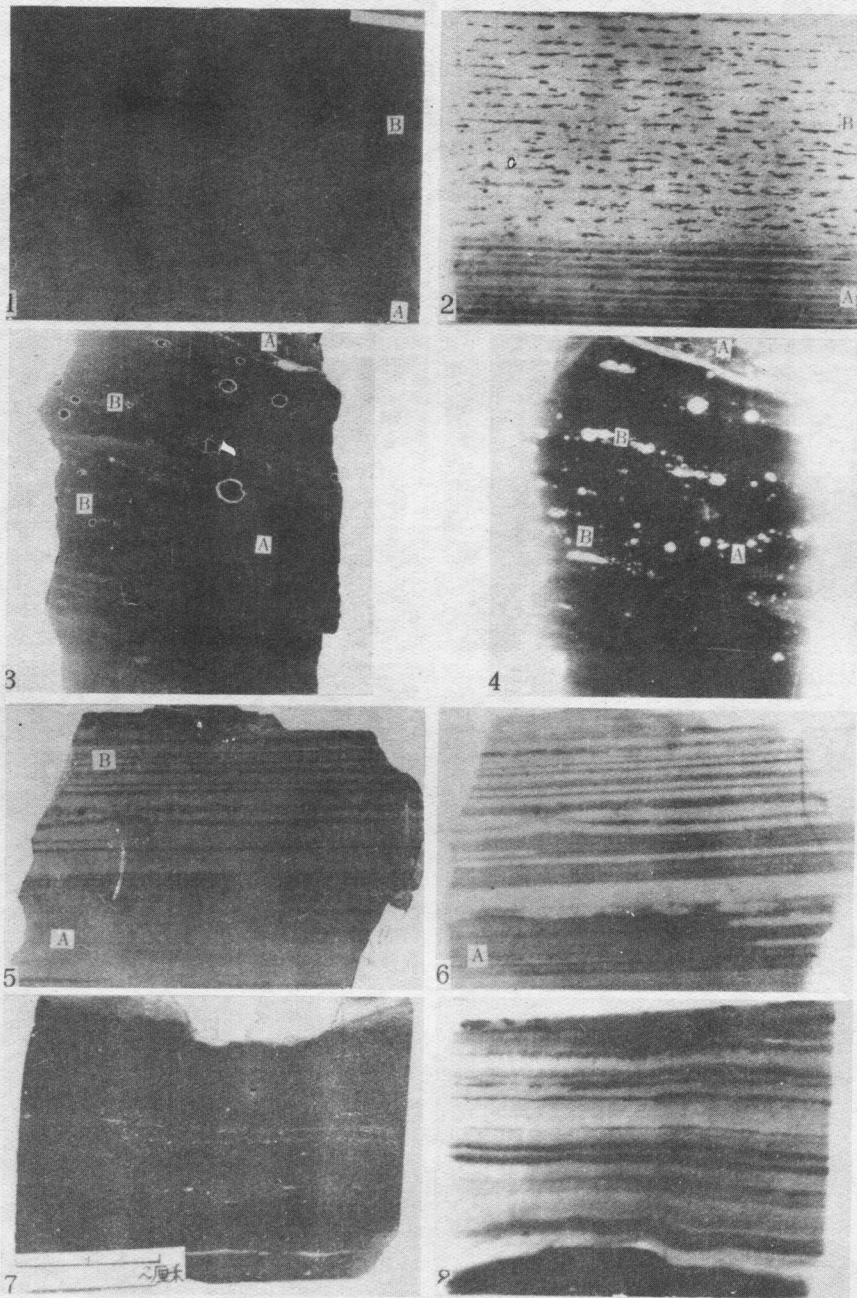
X-ray radiography is an effective and inexpensive method of obtaining information on petrological features of pelite as well as other sedimentary rocks. Generally, it can reveal the distribution of minerals, fabric, fractures, bioturbation, stratification, horizontal laminae, slump structure, and other structural characteristics that may be obscure or invisible in outcrops or in hand specimens.

Because different constitutions of rock have different absorbtivity of X-ray, these variations can be recorded on the films and outline the internal structures of the rock. Any standard medical or industrial X-ray unit is suitable to be an X-ray source. Best results were obtained from specimens approximately 3-5mm thick, exposed for 10 seconds at 80kV and 15mA at a distance 50cm from an X-ray source. Nonscreen medical film produced the greatest contrast and sharpest detail. Exposure time, type of film, and intensity of radiation may enhance various structures of different rocks.

In our experiment, we used type "Chenji 100-20-Ⅰ" X-ray unit. The instrument mainly consists of an X-ray producer which can produce X-ray as high as 150kV, and as strong as 25mA, a control board and a specimen holder. The distance between X-ray producer and specimen can be adjusted and the exposure time of films can be determined automatically by the unit. The films we used are made in Tianjin and originally for medicine.

The X-ray radiograph of the black laminated siltpelite shows intensive alteration of black pyrite laminae and light organic laminae (plate I-1). Many anthraxoulite pellets can be seen obviously on the X-ray radiograph of black rhodochrosite ore (Plate I-3,4). The X-ray radiograph of dark tuffaceous mudstone displays the alteration of black and light laminae (plate I-1,2). Distinct and intensive lamination can be observed on the X-ray radiograph of the hydromica mudstone which is dark-coloured and laminated (plate I-3,4).

Our experiment shows that X-ray radiography is very effective in the studies of sedimentary rocks, especially in sedimentary structures (most effective in micro-structures), black pelite and distribution of minerals (pyrite and organic matter typically) within sedimentary rock. It also shows that some micro-structures which can not be observed with the naked eyes can be observed by this method. This can help us to know something more about depositional environments of the rocks and their diagenic processes. X-ray radiography can also be applied to the studies of sedimentary structures of coarse-grained clastic rocks. When this method was applied to study so-called "non-structure" sandstones pointed out by W. K. Hamblin, 98% of the rocks showed sedimentary structures clearly.



1. 黑色纹层状粉砂质泥岩, 手标本薄板照片。 2. 黑色纹层状粉砂质泥岩, X射线照像正片。 3. 黑色菱锰矿矿石, 手标本薄板照片。 4. 黑色菱锰矿矿石, X射线照像正片。 5. 黑灰色含凝灰质泥岩, 手标本薄板照片。 6. 黑灰色含凝灰质泥岩, X射线照像正片。 7. 灰黑色纹层状水云母泥岩, 手标本薄板照片。 8. 灰黑色纹层状水云母泥岩, X射线照像正片。